

# Mobile IP 的几种切换策略\*

刘雨<sup>1</sup>,杨炳丰<sup>2</sup>,张惠民<sup>1</sup>,叶敏华<sup>1</sup>

(1. 北京邮电大学 信息工程学院,北京 100876;2. 上海市电信公司,上海 200085)

**摘要:** Mobile IP 在 IP 层提供移动支持,移动主机可以从一个地方移动到另一个地方而不中断已有的连接。在 Mobile IP 切换过程中,可能会丢失一些包,使得上层协议如 TCP 和 UDP 的性能下降。为此,提出了多种切换策略。介绍了其中的几种,并提出了改进的方案:采用预先建立的隧道来降低切换时延,应用本地广播和 FA 处的缓存来减少丢包,利用提前预留的资源来保证 QoS。

**关键词:** Mobile IP; 切换; 本地注册; 组播

**中图分类号:** TN913.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5694(2002)02-0001-04

## Handoff Schemes in Mobile IP

LIU Yu<sup>1</sup>, YANG Bing-feng<sup>2</sup>, ZHANG Hui-min<sup>1</sup>, YE Min-hua<sup>1</sup>

(1. School of Information Engineering, BUPT, Beijing 100876, China;

2. Shanghai Telecom Company, Shanghai 200085, China)

**Abstract:** Mobile IP supports mobility in IP layer. Mobile host can move from one place to another without disrupting the existing connection. During the Mobile IP handoff, some packets will be lost, resulting in the performance degradation of the upper protocol, such as TCP or UDP. To mitigate this problem, in this paper, several handoff schemes are proposed, and some of them are introduced and analyzed in detail. Then the authors put forward their improved scheme, which uses the pre-set tunnel to decrease the handoff delay; and also uses local broadcast and buffer in FAs to decrease the packet loss, and utilizes the early resource reservation to guarantee the QoS.

**Key words:** Mobile IP; handoff; regional registration; multicast

## 1 Mobile IP 介绍

随着 Internet 的迅猛普及,笔记本电脑的大量使用,以及无线通信设备的发展,网络用户产生了对主机移动性的需求,即希望接入 Internet 的主机,能够在所处的位置不断变化的情况下,保持已有的通信连接。IETF 定义的 Mobile IP<sup>[1]</sup>就是一种能够满足需要的网络技术,它是传统 IP 技术的扩展。

传统 IP 技术无法支持移动性, Mobile IP 通过

引入 2 个网络实体——家乡代理 (HA: Home Agent) 和外地代理 (FA: Foreign Agent) 在网络层提供移动性支持。当 MH 离开家乡网络 (home network) 进入外地网络 (foreign network) 时,它需要获得一个转交地址 (CoA: Care of Address), 并通过 FA 或直接向 HA 注册。对端通信主机 (CH: Correspondent Host) 发送给 MH 的数据包通过正常的 IP 路由到达 MH 的家乡网络。HA 替 MH 截获这些数据包,通过隧道技术将他们转发到 MH 的当前位置

\* 收稿日期: 2002-03-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (批准号 60072036)

作者简介: 刘雨 (1978-), 女, 山东烟台人, 硕士研究生。主要研究方向为 Mobile IP、无线 TCP; 张惠民, 教授, 博导。

(HA 给这些 IP 包添加新的 IP 包头,其目的地址为 CoA,源地址为 HA),FA 或 MH 将原来的 IP 包恢复;从 MH 到 CH 的数据包则采用正常的 IP 路由。

图 1 中,由 MH 到 CH 的包经过正常的 IP 路由;由 CH 到 MH 的包到达 HA 之后,经隧道到达 FA,FA 解封之后转发给 MH,这就是所谓的三角路由。

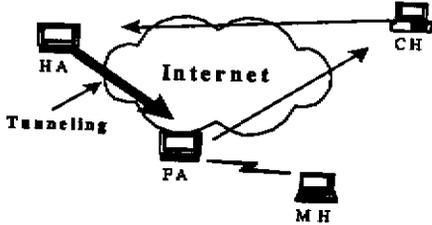


图 1 Mobile IP 的基本原理  
Fig. 1 Basic mobile IP principle

当 MH 切换到新的子网,它需要获得新的 CoA,重新向 HA 注册。在切换过程中,MH 与 CH 间的通信会受到影响:1)一些数据包会丢失,同时与上层协议之间的相互作用可能会使情况恶化,甚至使通信中断;2)注册过程中产生大量的开销,比如注册请求以及应答消息,消耗网络的带宽资源和计算资源。特别是当切换频繁或者从 MH 到 HA 的距离很远时,这 2 个问题更为突出。所以降低切换的时延和减少切换时丢包的数目是切换中的 2 个关键的问题。为了解决这 2 个问题,人们提出了几种解决方案。

## 2 本地注册

在本地注册技术中,一个地理区域内的 FA 是采用一种分层的结构组织的<sup>[2,3]</sup>,如图 2 所示。在分层结构的最顶端的 FA,称为根 FA。从根 FA 到 MH 的路径上的所有 FA 的地址被包含在一个 CoA 向量中,并由最底层的 FA 周期性地地在它的覆盖区域内广播。MH 根据收到的广播消息获得到达根 FA 的路径。当 MH 移动到外地网络时,需要向 HA 注册。MH 的注册请求消息沿路径依次到达上一级的 FA 处,最终到达根 FA。根 FA 将注册请求中的 CoA 写为它的 IP 地址,转发给 HA。由 HA 返回的应答消息则沿相反的方向被依次处理。每一级的 FA 记录 MH 对应的上一级的 FA 地址以及下一级的 FA 地址,便于通信过程中转发目的为 MH 的包。

当目的地址为 MH 的数据包到达 HA 时,HA 用隧道封装发送到根 FA 处。根 FA 收到后,解除封装,并重新隧道封装到它的下一级的 FA 处,依此类推。最后,最低一级的 FA 将包直接转发给 MH。

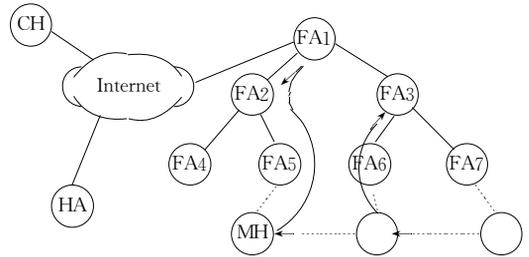


图 2 本地注册  
Fig. 2 regional registration

切换发生时,MH 比较新的 CoA 向量和原来的 CoA 向量,选择 2 个向量中的相同的 FA 中最低一级的 FA,然后向它发送注册请求。任何高一级的 FA 则不需要了解 MH 的切换动作,因为他们来说,隧道的终点仍然是原来的出口,他们不需要对原有的表项进行任何修改。

图 2 中,1) 当 MH 到达 FA7 时,注册请求消息通过 FA7,FA3,FA1,到达 HA,注册应答消息的路径反向。目的地址为 MH 的数据包,由 HA 接收,通过隧道到达 FA1,FA1 通过隧道送到 FA3,FA3 再次通过隧道送到 FA7,FA7 将它直接转发给 MH。2) 切换时,当 MH 从 FA7 移动到 FA6,FA3 是本地注册的目标点,FA1 不需要任何修改,仍然可以将包通过隧道到 FA3;若 MH 从 FA6 移动到 FA5,则注册的目标点是 FA1。在切换的整个过程中,HA 不知道任何本地的移动,而注册消息也没有到达 HA 处,减少了注册的开销。

本地注册方法的优点在于:充分利用了网络的层次性,减少了注册的开销。特别的,如果新的 FA 和旧的 FA 在同一个外地网络上,同时它们距离 HA 又很远,则避免了向 HA 注册,减少了通信中断时间,同时降低了网络的负荷。但是,这种方法增加了 FA 的工作负担,每一级的 FA 都需要查找 MH 的地址,为其建立一条到下一级的 FA 的隧道,进行数据的拆封,增加了网络的负荷。

## 3 原 FA 通知<sup>[3]</sup>

原 FA 通知(Previous FA Notification)方法主

要是引入一种缓冲机制:在 FA 中设置一个缓冲区,用来保存一部分发往 MH 的数据包,这个缓冲区采用 FIFO 结构。在切换发生时,MH 将它从原 FA 接收到的最后的 IP 包的 Source IP 和 ID 连同注册请求一起发给切换后的 FA,由新的 FA 将这些标量转发给原 FA。这样原 FA 就知道缓冲区中还有哪些 IP 包是 MH 尚未收到的,它将这些 IP 包转发给新的 FA,最后由新的 FA 转发给 MH。

图 3 中,MH 在向 FA2 注册的时候,注册消息中包含有 FA1 的地址和 MH 所接收到的最后的包的源地址和序列号,FA2 据此通知 FA1 发送缓存中的 MH 没有收到的数据包。

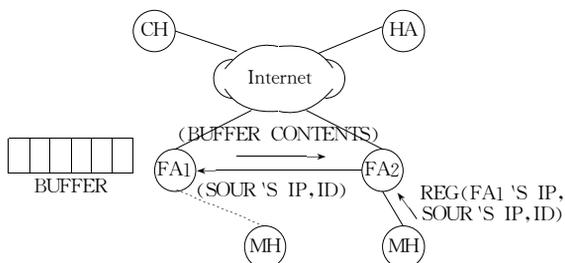


图3 原FA通知

Fig. 3 Previous FA notification

这种方法通过缓存有效地减少了数据包的丢失。此外,还有一个很关键的问题是:FA 中的缓存容量该如何设置才能使性能达到最佳。如果缓存设置过大,切换过程中确实不会有 IP 包丢失,但是同时系统开销也很大;如果设置过小而切换时延又比较大,很有可能一些 IP 包在 MH 收到之前,已经从缓存中清除,这样仍然存在丢包的现象。此外, MH 保存最后收到的 IP 包的 IP 地址和 ID,有效地防止了 MH 收到重复的 IP 包,节约了网络资源。

总之,此方法减少了切换过程中的丢包,改善了 TCP 的性能。缺点是增加了切换的时延,以及 FA 的处理负担,而且新旧 FA 之间的通信,需要定义新的协议来支持。

## 4 组播方案

为了减少切换时的丢包和时延变化,获得低时延的切换,文献[4]提出一种运用 IP 组播技术来实现切换的方案。每个 MH 有一个唯一的 IP 地址,同时分配一个唯一的组播地址。每个 FA 周期性地在自己的覆盖范围内广播自己的可达消息,MH 跟踪

它接收到的最近的广播消息来判断它的当前位置和移动倾向,决定自己将进入哪个或哪些 FA 的区域,它通知这些 FA 加入组播组,接收组播包。

目的地址为 MH 的数据包到达家乡网络,HA 替 MH 截获这些数据包,与传统的 Mobile IP 不同,此方案使用组播地址对数据包进行封装。MH 本身并不加入组播组,也不直接接收组播包。而是由 MH 指定一个 FA,由它转发解封装之后的包给 MH。

图 4 中,MH 在 FA1 的区域时,要求相邻的 FA3,FA4 以及 FA2 加入组播组,MH 切换到 FA2 的区域时,则以 FA2 为基本的 FA,同时要求 FA5 加入组播组。

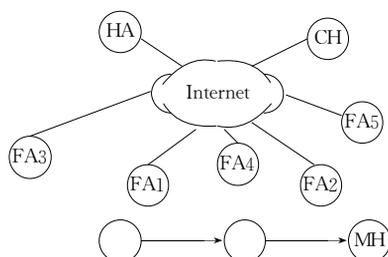


图4 组播技术实现切换

Fig. 4 Handoff with multicast technology

在任何时候,加入组播组的所有的 FA 中只有一个 FA 通过无线链路向 MH 转发数据包,这个 FA 被称为基本 FA,其他的 FA 只实现缓存的功能。当切换发生时,新的 FA 一般都已经加入组播组,MH 只需要通知它成为基本 FA 即可。FA 处的智能缓存策略可以在缓存的大小不太大的情况下,获得低时延和低丢包率。组播方案的另一个优点是 HA 的路由表不需要改变,因为组播地址本身已经提供了快速路由更新所必需的指示信息。

组播方法的代价是在有线网络上消耗了更多的带宽资源和缓存空间。考虑到现在的技术状况和将来的发展趋势,有线的带宽将会变得很大,所以这种折衷也是值得的。利用组播来实现切换也存在着一定的问题:加入和退出一个组播组,经常会导致组播组重新计算组播分配树,计算量很大;广播地址也是有限的;网络中的一些路由器不支持组播。

## 5 我们的方案

我们提出了可以获得低时延和低丢包率并且在一定程度上实现 QoS 的切换方案,可以分为几个层

次来描述:

(1) 当 MH 移动到新的外地网络时,通过 FA 向 HA 注册。FA 收到注册应答之后,考虑到 MH 有移动到相邻的 FA 的可能性,所以它替 MH 向周围的 FA 预注册,同时分别与相邻的 FA 建立一条隧道。周围的 FA 收到预注册消息后,就可以存储 MH 相应的信息,必要的时候,可以预留一些资源;这样,当 MH 切换后,能够得以尽快地恢复通信。

(2) 如果网络资源允许的话,FA 可以通过预先建立的隧道替 MH 将数据包广播到周围的 FA,周围的 FA 预留一部分缓冲区,采用 FIFO 结构,替 MH 缓存一些最新的数据包,但不将他们通过无线链路发送出去。这样的话,MH 一进入新的 FA 所辖的区域,就可以立即开始通信,而几乎没有切换时延,也不会因切换引起丢包。我们这样做是基于如下的考虑:在目前的网络状况下,MH 一般通过无线链路连接到 FA,连接的瓶颈在于无线链路;而 FA 通常由固定的局域网相连,带宽远远高于无线链路的带宽。而且,这些广播的数据包尽可能地使用链路上的剩余带宽,同时作为具有最低优先级的业务,如果有其他的业务需要,这些广播包可以随时被丢弃。当然,如果网络条件不允许,就不广播 MH 的数据包。同时需要明确的一点是,我们这里的广播是在一个局部的范围内,也不采用组播地址,与文献[3]中的组播有本质不同。

(3) 如果 FA 事先对 MH 的运动趋势有所了解,那么它可以根据移动预测,判断 MH 将会进入哪个或哪几个 FA,则它只向那几个 FA 广播 MH 的数据包,这样可以大大减轻网络的负担。

(4) 对于一些重要的业务,FA 还可以考虑采用文献[5]中提出的 MRSVP 机制替 MH 在周围的 FA 中进行资源预留。

(5) 当 MH 离开 FA 所辖区域时,FA 替 MH 取消在周围 FA 的预注册。

图 5 中,MH 在 FA1 的区域时,FA1 与相邻的 FA3,FA4,FA2 建立连接,通告 MH 的情况,并适当的转发一部分数据包,由相邻的 FA 缓存,但是并不在无线链路上转发。MH 移动到 FA2 的区域后,

FA2 与相邻的 FA1,FA4,FA5 建立连接,通告 MH 的情况。

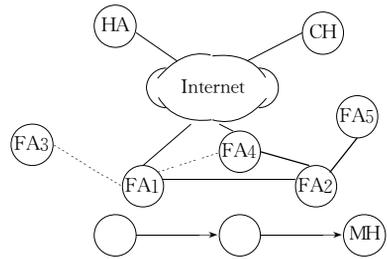


图5 我们的方案

Fig. 5 The scheme

总之,Mobile IP 的出现为主机提供了移动支持。为了解决切换带来的性能下降问题,目前的研究主要集中于以下几个方面:一是降低切换时延,在 MH 即将要到达的 FA 处预先建立与 HA 或原 FA 之间的连接,或者采用分层技术,实现局部注册;二是减少切换过程中的丢包,在 FA 处设立缓存,用以保存在切换过程中 MH 没有收到的数据包。

#### 参 考 文 献

- [1] PERKINS C. IP Mobility Support[C]. IETF RFC 2002,1996.
- [2] GUSTAFSSON Eva. Mobile IPv4 Regional Registration[S]. IETF RFC draft, draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-06. txt,2002.
- [3] PERKINS, C E, WANG Kuang-Yeh. Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP[C]. IEEE International Symposium on Computers and Communications, 1999.
- [4] SESHAN S, BALAKRISHNAN H. Handoffs in Cellular Wireless Networks: The Daedalus Implementation and Experience [J]. Kluwer International Journal on Wireless Personal Communications, 1997.
- [5] TALUKDAR A K, BADRINATH B R, ACHARYA A. MRSVP: A reservation protocol for integrated services packet networks with mobile hosts [J]. Wireless Networks, 2001,7(1).

(编辑:何先刚)